トラップ電圧 (リング電圧) 発生回路

用途

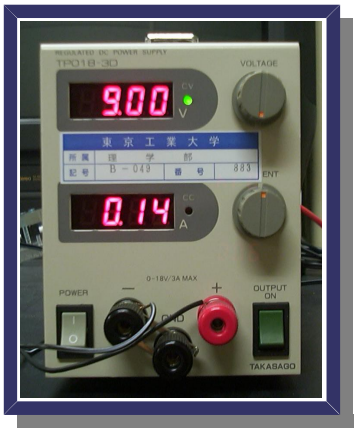
リング電極に印加する交流高電圧を生成する。

構成

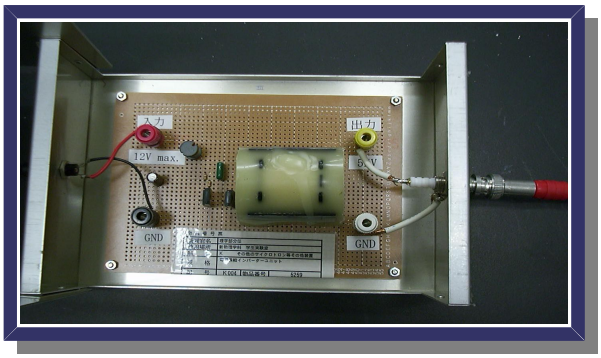
コンセント電源 → 低電圧直流電源 → 高圧インバーター → リング電極

AC 100 V　　DC +9 V　　AC 3 kV

低電圧直流電源



高圧インバーター

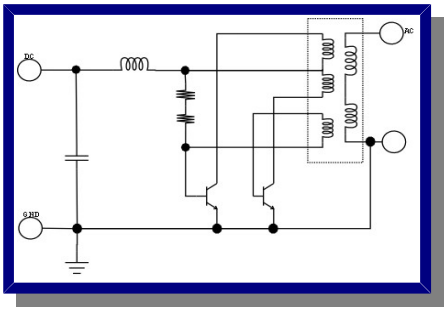


注意

- 高圧インバータへの入力電圧 DC +9 V を実験中に変える事が有るが、絶対に +9 V 以上にはしない。
- 人や物への放電 (感電) により出力が止まる場合が有る。低電圧直流電源の出力を一旦切って、再度 0 V から電圧を印加すれば復帰するはずである。

高圧インバーター 内部回路

浜松エネルギーデバイス DTK2028。一般に発振回路と呼ばれるもので、直流低電圧から交流高電圧を取り出す。



Function Generator: HP 33120A

用途

キャップ電極に印加する低電圧・低周波数の交流電圧を生成する。上下のキャップ電極間に外部から電圧を加えることで、トラップされた粒子の上下位置をコントロールすることができる。

ボタン操作方法

電圧表示

「Ampl」(Amplitude) ボタンを押すと、電圧表示モードになる。表示される数値はピーク間の最大電圧差 (*Vpp* = Voltage from Peak to Peak)であり、正弦波の振幅はその半分になるので注意。

周波数表示

「Freq」(Frequency)ボタンを押すと、周波数表示モードになる。

出力値変更

“MODIFY”ボタンで変更したい量 (電圧 or 周波数) に表示を切替える。"MENU”の「＞」or「＜」ボタンを押して、変更したい桁を選択する (点滅状態にする)。調整ダイアルを回すと選択されている桁の値が増減する。単位も選択して変更できる (Hz → kHz 等)。

波形の変更

“FUNCTION”ボタンを押すと正弦波、矩形波、鋸波の切替が出来る。

電源投入時は 1kHz、100mVPP の正弦波が出力されています。1Hz、10(5)VPP の方形波の出力設定がプリセットされているので、「Recall」ボタンを押した後、「Enter」ボタンを押すことで設定値を呼び出せます。

Function Generator: TEXIO FG-274

用途

キャップ電極に印加する低電圧・低周波数の交流電圧を生成する。上下のキャップ電極間に外部から電圧を加えることで、トラップされた粒子の上下位置をコントロールすることができる。

ボタン操作方法

電圧

パネル中央の "AMPL" つまみを回すと出力値を増減できる。現在の出力値はオシロスコープで確認する (しかない)。

周波数

現在の出力値は画面に表示される。パネル右側のボタンとつまみで出力値を増減できる。

波形

画面右上の“WAVE” ボタンを押すと正弦波、矩形波、鋸波の切替が出来る。

粒子帯電用 直流高電圧発生回路

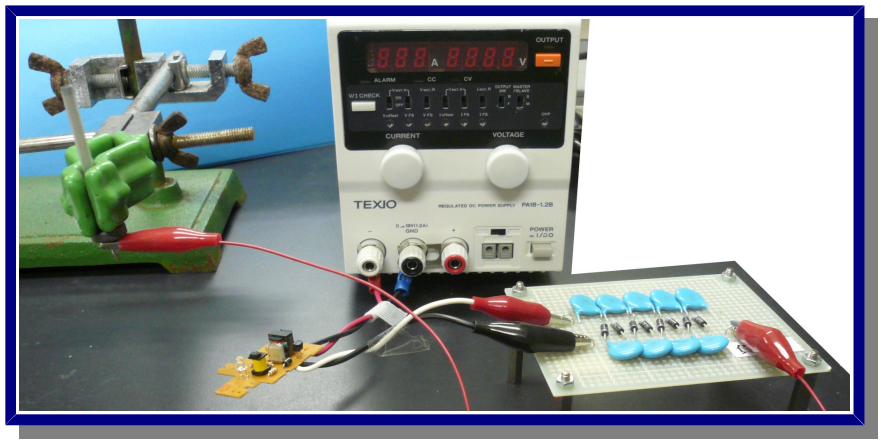
用途

トラップ粒子を帯電させる為に、粒子が入っている入射針に高電圧を印加する。

構成

コンセント電源 → 低電圧直流電源 → 発振回路 → Cockcroft-Walton 回路 → 入射針

AC 100 V　　DC −1.4 V　　AC 300 V　　DC ±2.5 kV



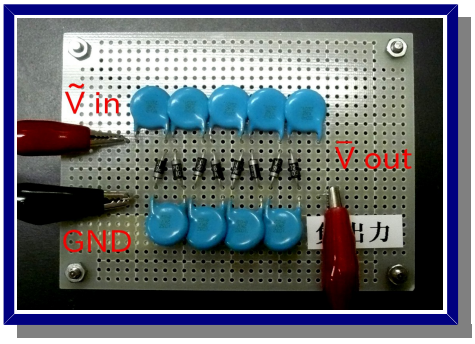
発振回路

富士フイルム 写ルンです FL27SH のストロボ用昇圧回路。高圧出力中は基板上の LED が発光する。入力電圧 (標準値: −1.4 V) を変える事で出力電圧を調整できる。入力電圧を−1.8 V 以上にしないこと。

人や物への放電 (感電) により出力が止まる場合が有る。低電圧直流電源の出力を一旦切れば回復するはずである。それでも回復しないならば、発振回路の出力端子 (赤と黒のミノムシクリップ) を低電圧直流電源のグランドに接触させる (放電させる)。

Cockcroft-Walton 回路

良く知られた交流→直流の昇圧回路。表裏を逆にして使うと、ダイオードの向きが反転するので、出力電圧の正負が反転する。



NIM 高電圧直流電源: 林栄 RPH-012

用途

エアブラシの先端に直流の高電圧を印加する。１～５ kV 程度の電圧を加える事になるので、端子は外れないようにしっかりと繋げること。

電源の使用方法

２つある青色のボタンは

左： チャンネル切替

右： 表示内様切替

(電圧・電流・電流上限値)

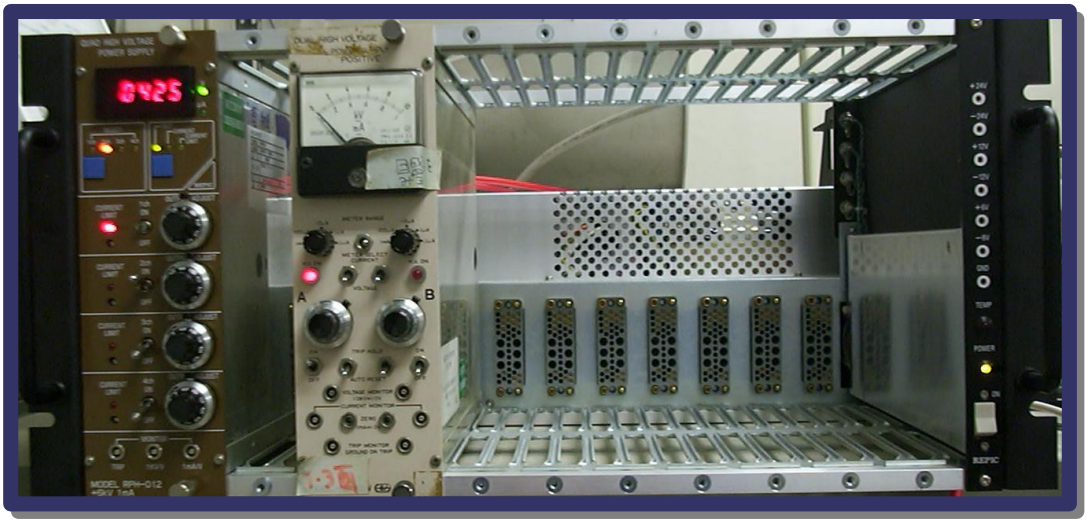
です。左のボタンで使用するチャンネルに合わせます。

下にはチャンネル毎に操作パネルがまとめられています。それぞれ、LED、On/Off つまみ、電圧調整つまみがついています。

使用するチャンネルの On/Off つまみを On 側にします。電圧表示をみながら、調整つまみを使って希望の電圧をかけます。

その時急に電圧をあげないようにしましょう。またときどき電流表示に切替て、リーク電流を確認しましょう。

使用後は逆の手順で最後につまみを Off 側にします。



トラップする粒子 (鉄粉)

前準備

鉄粉をイオントラップ電極中へ効率よく入射させるために、すり鉢を用いて粒子を小さく砕いておく。

帯電方法

専用の印加回路を入射針に取り付ける。数 kV の電圧を扱うので、感電にはなるべく注意すること。人や物への放電 (感電) で印加回路の出力が止まる場合が有るから、印加回路の状態 (LED) を時々確認すること。

イオントラップ装置への入射方法

鉄粉を入射針の中に入れる。大量に入れるとトラップされにくくなるので、入射針の筒ですり鉢中の鉄粉を 1 or 2 回すくう程度で良い。スタンドを使って入射針をイオントラップの入射窓の近くに固定する。

入射針を上から軽く叩き、中の鉄粉をイオントラップ内部に入射させる。横からでなく上から叩く方が、安定して鉄粉が出やすい。入射させ過ぎるとトラップされにくくなるので、軽く 1 回叩くだけで通常は充分である。

粒子を入射したら、入射針をどけて LED 照明をイオントラップ装置に差し込む。ビデオカメラで入射された鉄粉が落下していく様子を確認する。入射されていないようなら、針が目詰まりしていない事、鉄粉サイズが大き過ぎない事を確認する。

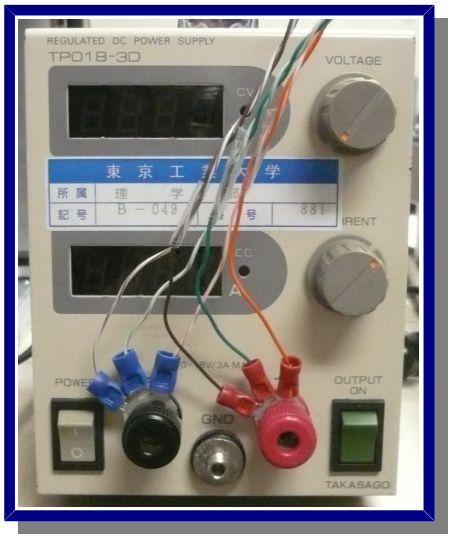
イオントラップ用照明

用途

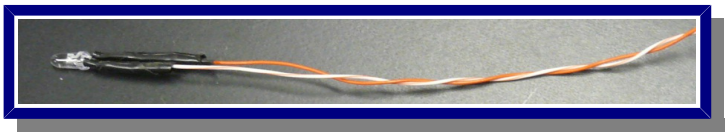
捕獲されたイオンを観察するために、超高輝度白色 LED をイオントラップ装置の上面の穴に差し込んで照明として使用する。

構成

低電圧直流電源 (全グループ共用)



超高輝度 LED



使用方法

低電圧電源装置を使って LED に電圧を印加する。低電圧電源装置は全グループに共通であり、中央の机のそばに置いてある。各日 LED を最初に使うグループが電源を入れる。

印加電圧は 3.0 V とする。**印加できる最大値は 3.8V** であり、それを越えると LED が破損する恐れが有るので注意すること。

光のあたり具合はイオンの見え方に若干影響するので、トラップされたイオンが観察しにくい場合は先ず照明位置を調節してみると良い。

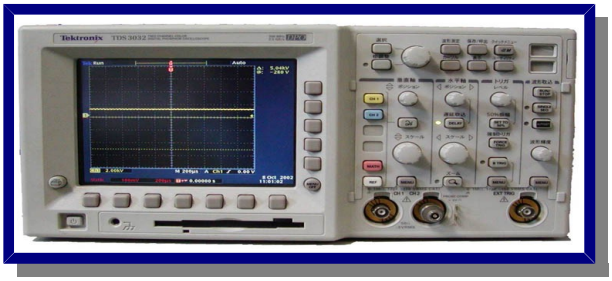
オシロスコープ

基本的な使い方

1. 電源を入れる。
2. 画面にメッセージが表示されるので「MENUOFF」ボタンを押して消す。すると再びメッセージが表示されるので、これも「MENUOFF」ボタンで消す。
3. 周波数と電圧差を自動計測できるように設定する。自動計測の設定をすると、その値が常に画面右側に表示されるようになる。
4. 高電圧プローブのグランド端子（クリップになっている方）を接地し、測定用端子を電圧がかかっているところに接触させて周波数と電圧差を計測する。
5. 縦横のスケールを適当に調節し、正弦波が画面に表示されてることを確認したら、周波数と電圧差の表示が安定したところで、その値を記録する。
6. 測定が終わったら電源を切る。

便利な機能

オシロスコープには入力波形について自動的に周波数等を計測する機能がついています。写真のオシロスコープ (Tektronix,TDS3032) の場合は、「波形測定」ボタンを押すと、menu にいろいろな測定モードが現れます。



複数モードの同時測定も可能です。希望の測定があれば画面右側のボタンを押して選択します。「more」を押せば、他の測定モードを確認することができます。周波数測定 (Frequency)

周波数の測定を行います。

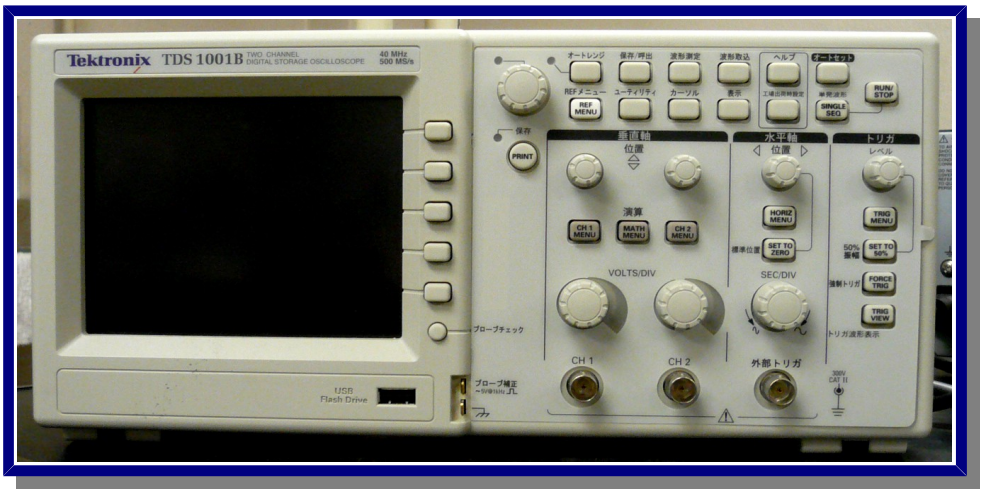
電圧差測定 (PK-PK: PEAK TO PEAK)

Peak 間の電圧差を測定します。

ファンクションジェネレーターでキャップ電極間に印加している電圧を、実験中常時モニタします。オシロでの周波数・電圧測定を使えるようになりましょう。

オシロスコープ

Tektronix TDS 1001B



基本的な使い方

1. 電源を入れる。
2. 画面にメッセージが表示されるので「MENUOFF」ボタンを押して消す。すると再びメッセージが表示されるので、これも「MENUOFF」ボタンで消す。
    1. 周波数と電圧差を自動計測できるように設定する。自動計測の設定をすると、その値が常に画面右側に表示されるようになる。
3. 高電圧プローブのグランド端子（クリップになっている方）を接地し、測定用端子を電圧がかかっているところに接触させて周波数と電圧差を計測する。縦横のスケールを適当に調節し、正弦波が画面に表示されてることを確認したら、周波数と電圧差の表示が安定したところで、その値を記録する。

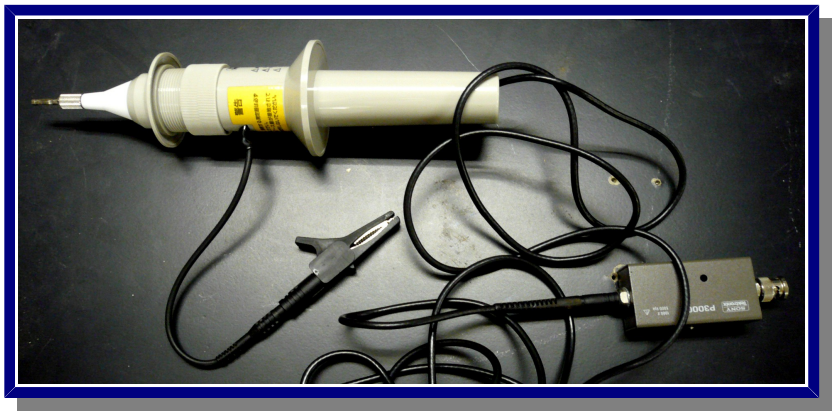
測定が終わったら電源を切る。

高電圧プローブ

Tektronix P3000

用途

オシロスコープで直流 or 交流の高電圧 (V >~ 1 kV) を計測する場合に用いる。オシロスコープの許容最大電圧を越えて計測が可能である。



使用前に

ユーザマニュアルに目を通し、危険性と測定条件を確認しておくこと。特に測定条件に関して以下の性能を理解する:

- 減衰率は 1000:1 である。これはどういう意味か?
- 最大入力電圧は 5 kV (DC + peak AC) または 10 kV_{p-p} である。今回の実験でこの制限を越える可能性は無いか?

基本的な使用法

通常のプローブと同様に、プローブ・チップ (先端の金属端子) を測定点に当て、グランド・クリップを測定回路のグランドに繋げる。

高圧インバータの出力を計測する場合は、装置内部の出力端子 (黄色) にプローブ・チップを上から差し込み、装置外部の出力 SHV コネクタをグランド・クリップではさむと良い。

又は、プローブ・チップと測定点をミノムシクリップで繋げても良い。

粒子観測用ビデオカメラ

三脚をつかってカメラを設置

トラップ装置を出来る限り机の端に置き、トラップ装置とカメラをなるべく近ける。

ズームとフォーカスの合わせ方

イオンがトラップされる空間 (イオントラップ装置中央) にフォーカスを合わせます。

1. 参照用ゲージをさし込む
2. カメラを「オート フォーカス」モードにする (メイン画面の右下のアイコンをクリックするとメニューが表示されます)
3. 自動でフォーカスが合う範囲内で最大限ズームする (ズームレバーを細かく操作します)
4. カメラを「マニュアル フォーカス」モードにする
5. 長さ較正ゲージを取り除く (マニュアル フォーカスモードにしていないと、フォーカスがずれる)

長さ較正ゲージ

ビデオで撮影した場合に、画面上では実際の長さがわかりません。カメラの設置前後にゲージをトラップ装置に挿入し、リング電極中心部に焦点があっている場合に実際の長さが画面でどの程度になるか (mm と pixel の対応関係) 確認しておきましょう。